



C A P Í T U L O 8

BIENESTAR PSICOLÓGICO Y RECHAZO DE PRÓTESIS

Denisse América Uscanga Tlalpan
Universidad de las Américas Puebla

Gerardo Ulises Díaz Arango
Universidad Veracruzana

RESUMEN: La pérdida o amputación de una extremidad constituye una condición que impacta de manera significativa la calidad de vida de las personas. Entre las alternativas disponibles para mitigar sus efectos, las prótesis se han consolidado como una de las opciones más utilizadas, al facilitar el proceso de rehabilitación funcional. Sin embargo, dicho proceso se enfrenta a elevados índices de abandono, lo que plantea un reto tanto clínico como social. En este trabajo se presenta una revisión sistemática de 21 artículos científicos cuyo eje central es el análisis del bienestar psicológico y los factores asociados al rechazo de las prótesis. El estudio de estos aspectos resulta fundamental para estimar con mayor precisión las tasas de abandono y, a su vez, identificar las principales causas que originan este fenómeno.

PALABRAS CLAVE: Amputación, Prótesis, Abandono, Retroalimentación sensorial, Rehabilitación.

1. INTRODUCCIÓN

La amputación de extremidades es una condición que afecta a millones de personas en todo el mundo, generando importantes desafíos tanto para la rehabilitación como para la calidad de vida de los pacientes. Se estimó que, para el año 2017, aproximadamente 57.7 millones de personas vivían con amputaciones traumáticas no fatales a nivel global. De este total, la distribución muestra que la mayoría de los casos corresponden a amputaciones unilaterales de extremidad inferior, con cerca de 28.9 millones de personas afectadas, lo que representa casi la mitad de los casos reportados. En segundo lugar, se encuentran las amputaciones unilaterales de extremidad superior, que afectan a aproximadamente 11.3 millones

de personas. Las amputaciones bilaterales son menos comunes, pero también representan un porcentaje importante: alrededor de 11.0 millones de personas viven con amputación bilateral de extremidad superior, mientras que 6.4 millones presentan amputación bilateral de extremidad inferior. Esta distribución refleja la diversidad y complejidad de las amputaciones a nivel mundial, así como la necesidad de enfoques personalizados para la rehabilitación y el soporte funcional de cada paciente (McDonald et al., 2021).

Dada la alta prevalencia y diversidad de amputaciones a nivel mundial, resulta importante contar con soluciones que permitan recuperar la funcionalidad y calidad de vida de las personas. En este contexto, las prótesis representan dispositivos médicos de gran utilidad, diseñados para reemplazar parcial o totalmente una extremidad perdida. Su eficacia no depende únicamente de la tecnología empleada, sino también de su correcta adaptación al tipo de amputación y a las necesidades individuales de cada usuario. Para cumplir con estas expectativas, las prótesis deben ser funcionales, seguras y capaces de integrarse de manera efectiva en la vida cotidiana del paciente, proporcionando apoyo integral y favoreciendo la independencia en las actividades diarias (Brack y Amalu, 2021).

1.1 Prótesis Pasivas

Los dispositivos protésicos pasivos (Figura 1) se emplean principalmente cuando la apariencia física y la comodidad son la prioridad (Brack y Amalu, 2021). Estos dispositivos, aunque presentan limitaciones funcionales, siguen siendo populares debido a su bajo costo y apariencia estética (Brack y Amalu, 2021). Aproximadamente uno de cada tres amputados utiliza este tipo de prótesis en alguna medida (Maat et al., 2017). De manera general, se recomiendan a pacientes que han pasado recientemente por una amputación, antes de avanzar hacia el uso de prótesis activas (Brack y Amalu, 2021).



Fig.1. Componentes de dispositivo protésico pasiva de brazo (Brack y Amalu, 2021).

1.2 Prótesis Activas

Una prótesis activa es un dispositivo protésico que puede generar movimiento o fuerza por sí misma, utilizando fuentes de energía externas, como motores eléctricos o sistemas mecánicos. Esto le permite realizar funciones como mover una mano, un codo o una muñeca de manera controlada, ya sea mediante señales musculares (prótesis mioeléctricas) o mediante mecanismos accionados por el cuerpo (Brack y Amalu, 2021).

1.3 Dispositivos accionados por el cuerpo (BPD)

Una prótesis accionada por el cuerpo se controla mediante los movimientos del cuerpo del usuario, generalmente a través de un sistema de arnés y cables que transmite la fuerza corporal hacia la prótesis para activar su función. Un ejemplo son las prótesis de miembro superior accionadas por el cuerpo, las cuales se controlan mediante un arnés conectado por un cable al hombro sano, esta incluye un encaje, una muñeca, un cable de control, un arnés y un dispositivo terminal (como una mano o un gancho) (Brack y Amalu, 2021), lo cual es mostrado en la Figura 2.

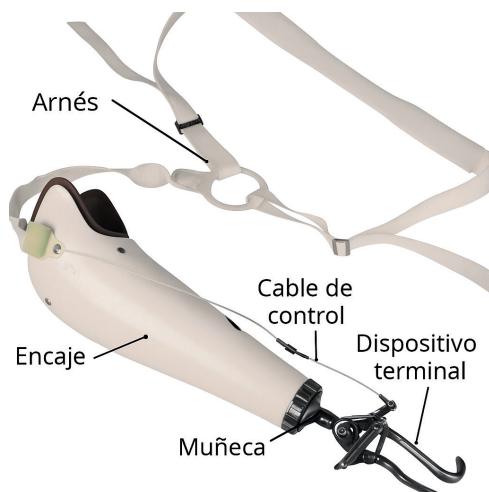


Fig.2. Prótesis de miembro superior accionadas por el cuerpo (Hussain et al, 2019).

Las prótesis accionadas por el cuerpo ofrecen ventajas importantes como su bajo costo, alta durabilidad y practicidad, especialmente al usar ganchos, que resultan útiles para tareas exigentes y ambientes adversos, ya que no dependen de baterías ni componentes electrónicos. Además, permiten un control intuitivo y proporcionan retroalimentación de fuerza mediante la tensión del cable. En EE.UU., su costo ronda los 10,000 USD, significativamente menor que el de las prótesis mioeléctricas, que pueden oscilar entre 20,000 y 100,000 USD (Brack y Amalu, 2021).

1.4 Prótesis Mioeléctrica

Las células excitables, como las neuronas y fibras musculares, poseen la capacidad de generar y conducir potenciales eléctricos debido a su actividad electroquímica, manteniendo un potencial de reposo entre -40 y -90 mV mediante la distribución de iones a través de la membrana (Webster, 2020). La unidad motora, compuesta por una motoneurona y las fibras musculares que inerva, representa la unidad funcional del control de la contracción muscular; su tamaño y cantidad determinan la precisión o fuerza del movimiento (Guzmán y Méndez, 2018).

La señal electromiográfica (Figura 3) registra la actividad eléctrica del músculo esquelético durante los procesos de despolarización y repolarización, iniciados por la liberación de acetilcolina y el movimiento de iones como Na^+ y K^+ . La EMG de superficie permite monitorear en tiempo real la activación muscular, evaluando su funcionamiento mediante la diferencia de potencial detectada por electrodos colocados sobre el músculo (Guzmán y Méndez, 2018).

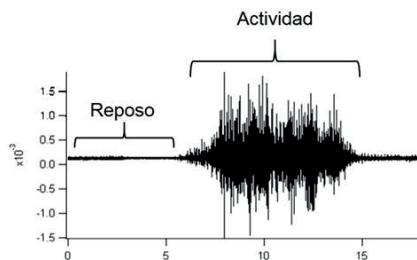


Fig.3. Actividad de señal EMG en reposo y contracción muscular (Guzmán y Méndez, 2018).

Las prótesis mioeléctricas de extremidad superior (Figura 4) funcionan mediante el uso de motores eléctricos alimentados por una fuente de energía externa. El movimiento de la articulación se controla a través de la actividad muscular del miembro residual. Las señales electromiográficas (EMG) del muñón se detectan mediante electrodos superficiales, se amplifican y luego son procesadas por un controlador que activa los motores alimentados por batería para mover la mano, la muñeca o el codo (Brack y Amalu, 2021).

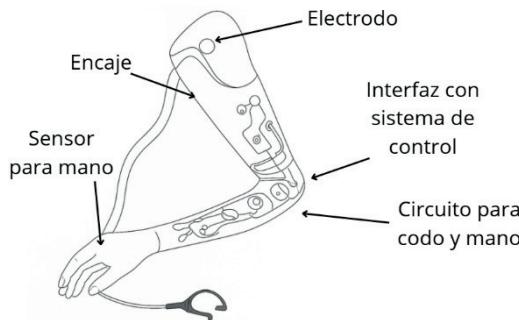


Fig.4. Diagrama de prótesis mioeléctrica de brazo (Paul, 2015).

La prótesis mioeléctrica ofrece una fuerza de agarre considerablemente superior a la de una prótesis accionada por el cuerpo, alcanzando su máximo rendimiento con solo contracciones musculares mínimas. No obstante, su elevado costo constituye una barrera importante para muchos usuarios, especialmente en países sin sistemas de salud accesibles (Brack y Amalu, 2021). En Estados Unidos, una prótesis mioeléctrica avanzada con un dispositivo terminal funcional puede costar alrededor de 75,000 USD (Ku et al., 2019), lo que limita su disponibilidad para personas de bajos ingresos. Además, estos dispositivos requieren recarga diaria, son susceptibles a daños por agua o suciedad, y sus costos de mantenimiento y reparación suelen ser mayores en comparación con otras opciones protésicas (Uellendahl, 2017).

1.5 Prótesis Híbridas

Una prótesis híbrida de extremidad superior combina componentes mioeléctricos y accionados por el cuerpo para construir un dispositivo funcional que incorpora los beneficios de ambos tipos. A nivel transradial, los diseños híbridos no se utilizan comúnmente debido a la limitada disponibilidad de dispositivos con la tecnología adecuada (Uellendahl, 2017). Sin embargo, en Europa se ha tenido un éxito significativo durante más de 25 años con prótesis transhumerales que utilizan un codo accionado por cable (alimentado por el cuerpo) junto con control mioeléctrico del bíceps (para cerrar) y del tríceps (para abrir). Algunos controles híbridos permiten el control secuencial simultáneo del codo y la mano protésicos, pero el uso del arnés puede ser incómodo y exigente, especialmente en niveles transhumerales cortos, donde el usuario puede no tener la fuerza suficiente para operar el codo (Brack y Amalu, 2021).

1.6 Prótesis de interfaz cerebro-computadora (BCI)

Una interfaz cerebro-máquina (BMI, por sus siglas en inglés) es un vínculo entre la mente y el mundo físico, en el cual la información puede fluir y permitir que ambos interactúen a través de un dispositivo externo (Vidal et al., 2016). Una BCI utiliza los ritmos del electroencefalograma (EEG) registrados mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo y los traduce al dispositivo externo (Yahud y Abu Osman, 2006). La aplicación de la BCI es útil para personas con discapacidades motoras severas. Los principios detrás de las prótesis modernas con interfaz cerebro-máquina implican extraer señales de control motor de grupos de neuronas y traducir esas señales en control motriz de un dispositivo, afinando ese control mediante diferentes fuentes de retroalimentación y la asistencia de algoritmos computacionales (Vidal et al., 2016).

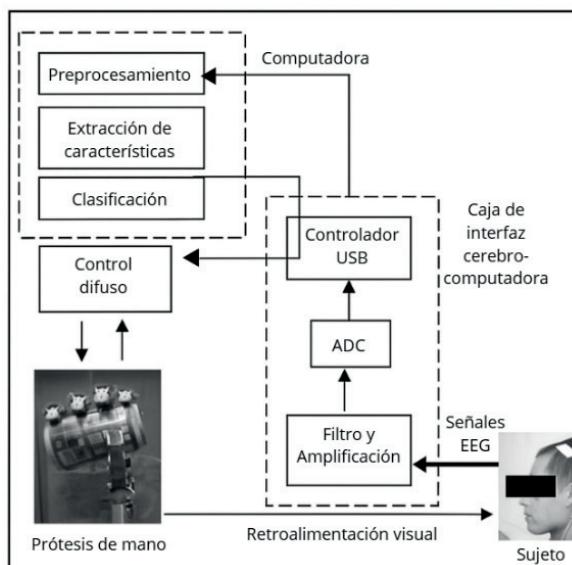


Fig.5. Diagrama de bloques del sistema de control de una prótesis de mano mediante una interfaz cerebro-computadora (Yahud y Abu Osman, 2006).

Es posible establecer el funcionamiento de este tipo de prótesis teniendo como ejemplo el diagrama de la Figura 5, el cual muestra el funcionamiento de una prótesis de mano controlada mediante una interfaz cerebro-computadora (BCI). El sistema inicia con la adquisición de señales cerebrales del sujeto a través de un dispositivo de electroencefalografía (EEG). Dichas señales son amplificadas y filtradas en la unidad BCI para eliminar el ruido y resaltar la información relevante. Posteriormente, se realiza la conversión de las señales analógicas a formato digital

mediante un conversor analógico-digital (ADC), y los datos resultantes se transmiten a una computadora mediante un controlador USB. En la computadora, las señales EEG son sometidas a un proceso de preprocesamiento, extracción de características y clasificación, con el objetivo de identificar la intención motora del usuario. Esta información clasificada se envía a un controlador difuso (fuzzy controller), que traduce la intención detectada en comandos precisos para el control de la prótesis (Yahud y Abu Osman, 2006).

Los apartados siguientes se describen a continuación. En la sección 2 se presentan los criterios y estrategias de búsqueda utilizadas para la revisión de literatura, incluyendo las bases de datos consultadas, las palabras clave, el periodo de publicación considerado, y se explica la clasificación de los artículos, la cual se ilustra en la Figura 6. La sección 3 organiza y analiza los hallazgos extraídos de los artículos seleccionados, mostrando los resultados obtenidos en cada categoría. Finalmente, el análisis de resultados y las conclusiones se presentan en la sección 4.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la elaboración de este capítulo, se llevó a cabo una búsqueda sistemática de literatura científica en diversas bases de datos académicas, utilizando palabras clave como: *prótesis, psicología, rechazo, adaptación, abandono y rehabilitación*. Se incluyeron artículos publicados entre 1990 y 2025, centrados en prótesis de miembros superiores e inferiores, así como estudios que abordan factores psicológicos y sociales relacionados con el abandono de prótesis y propuestas para mitigar este fenómeno. Tras la revisión inicial de títulos y resúmenes, se seleccionaron 21 publicaciones consideradas relevantes. Los datos extraídos fueron analizados y organizados en categorías, lo cual se ilustra en la Figura 6.

3. HALLAZGOS Y ANÁLISIS DE LA LITERATURA

En esta sección se sintetizan y analizan los principales hallazgos reportados en la literatura respecto a los factores que influyen en la aceptación o, por el contrario, en el abandono del uso de miembros artificiales. El objetivo es ofrecer una visión estructurada que permita comprender, en primera instancia, las causas que conducen a tasas de rechazo elevadas y, posteriormente, revisar las propuestas orientadas a mitigar este fenómeno.

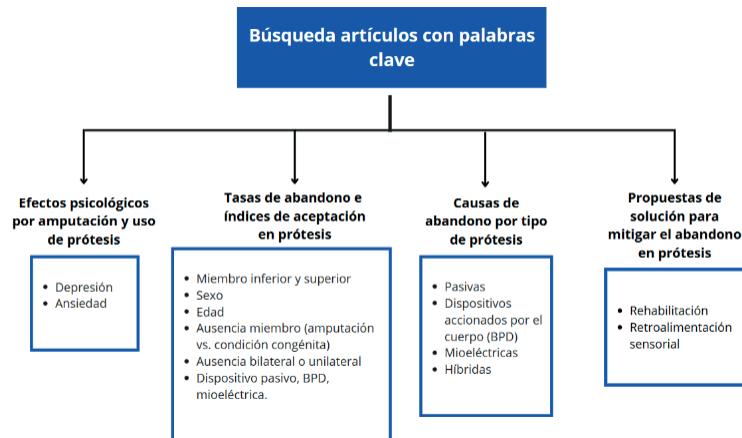


Fig.6. Diagrama de clasificación de artículos seleccionados.

3.1 Tasas de rechazo de prótesis e índices de aceptación

La Tabla 1 resume diferentes estudios que han explorado las razones de rechazo de prótesis de miembro superior en diversos países y poblaciones. De manera consistente, el peso de la prótesis aparece como un factor central en casi todos los tipos (pasiva, body-powered y mioeléctrica). Asimismo, problemas relacionados con el control, la durabilidad y la incomodidad de los arneses destacan en los dispositivos body-powered y mioeléctricos, mientras que las prótesis pasivas suelen asociarse con una falta de funcionalidad o efectos secundarios como sudoración y daño a la ropa.

Tabla 1. Resumen de estudios sobre tipo de prótesis, población, y razones de rechazo en diferentes países.

Tipo de estudio	Tipo de prótesis	Razones de rechazo	Población	País
(Kejlaa, 1993): Encuesta transversal	Pasiva, body-powered, mioeléctrica	Pasiva: peso, temperatura, daño a la ropa. Body-powered: peso, correas incómodas, estética. Mioeléctrica: tiempo de respuesta, control, fallas del sistema	66 personas (edad promedio = 45 años, rango 4–83, 14 mujeres, 52 hombres) con amputación de miembro superior	Dinamarca
(Silcox et al., 1993): Estudio de encuesta transversal	Mioeléctrica	Peso, uso lento, poca durabilidad.	44 personas (edad promedio = 38 años, 8 mujeres, 36 hombres) con amputación de miembro superior con uso ≥ 2 años	Estados Unidos

(Biddiss et al., 2007): Estudio transversal	Pasiva, body-powered, mioeléctrica	Pasiva: peso, sudoración, baja durabilidad. Body-powered: peso, incomodidad del arnés, sudoración. Mioeléctrica: peso, falta de retroalimentación sensorial, mala destreza	242 personas (edad promedio = 30 ± 11 años; 118 mujeres, 124 hombres) con amputación de miembro superior	Canadá
(McFarland et al., 2010): Estudio transversal mediante encuesta	Pasiva, body-powered, mioeléctrica	Pasiva: falta de funcionalidad. Body-powered: peso, dolor, malestar, mala adaptación. Mioeléctrica: peso, dolor, difícil de controlar, no duradera.	97 veteranos con amputación unilateral (edad media = 45 ± 4 años)	Estados Unidos
(Resnik et al., 2019): Estudio nacional transversal mediante encuesta	Body-powered, híbridas, mioeléctricas	Peso, mala adaptación, malestar, falta de funcionalidad, uso complejo, estética, baja durabilidad.	808 veteranos (edad media = 63.3 ± 14.1 años; 776 unilaterales, 32 bilaterales; 21 mujeres, 787 hombres). Uso ≥ 8 h/día fue reportado por 52 % y 76 % respectivamente.	Estados Unidos
(Smail et al., 2020): Revisión sistemática (scoping review)	Body-powered, pasivas, híbridas, mioeléctricas, no especificadas	Peso, temperatura, sudoración, dificultad de control, falta de retroalimentación sensorial.	Revisión de 123 artículos sobre abandono de prótesis de miembro superior	Internacional
(Einfeldt et al., 2023): Estudio de campo longitudinal (4 semanas)	Mioeléctrica (I-LIMB Quantum)	Problemas técnicos (batería, sensores), aprendizaje limitado, dificultad para incorporar a la vida diaria	6 adultos con amputación unilateral de miembro superior, usuarios nuevos de prótesis mioeléctrica	Alemania
(Olaya-Mira et al., 2025): Estudio cualitativo	Mioeléctrica, body-powered	Peso, incomodidad del arnés, dificultad en el uso prolongado, percepción estética y social.	15 personas con amputación de miembro superior, 5 clínicos, 3 cuidadores	Nigeria

La Tabla 2 sintetiza investigaciones que analizan los factores asociados a la aceptación y al abandono de prótesis tanto de miembro superior como inferior. Se observa que las tasas de rechazo son mayores en prótesis de miembro superior (23–53%) en comparación con las de miembro inferior (6–13%), lo que refleja la dificultad de suplir funciones finas y de motricidad en la extremidad superior. Factores demográficos también juegan un papel relevante: la edad influye en la aceptación, siendo los jóvenes entre 10 y 35 años quienes muestran mayores tasas de rechazo, mientras que niños pequeños y adultos mayores presentan menores porcentajes. Por otra parte, el sexo aparece como una variable importante, con

estudios que reportan tasas más altas de abandono en mujeres, especialmente por razones estéticas. Otra variable destacada es la causa de la ausencia del miembro, ya que los niños con condición congénita tienden a usar la prótesis más tiempo al día que aquellos con amputación adquirida, posiblemente por una adaptación más temprana. De igual manera, el tipo de ausencia (unilateral vs bilateral) influye en la aceptación de uso, debido a que las personas con amputación bilateral muestran un uso significativamente mayor (75%) frente a los casos unilaterales (28%). Por último, respecto al tipo de dispositivo, se reporta que las prótesis mioeléctricas presentan tasas de rechazo cercanas al 40%, mientras que las pasivas y body-powered superan el 50%.

Tabla 2. Resumen de estudios sobre aceptación y abandono de prótesis según su clasificación, país y hallazgos principales.

Clasificación	Diseño del estudio	Población	País	Tipo de Prótesis	Hallazgos
Miembro superior e inferior	(Egermann et al., 2009): Estudio retrospectivo; (Biddiss and Chau, 2007): Revisión sistemática; (Akarsu et al., 2013): Estudio transversal	(Egermann et al., 2009): 41 niños; (Biddiss and Chau, 2007): 242 personas; (Akarsu et al., 2013): 30 personas	Alemania, Canadá, Turquía	Miembro superior e inferior	Tasas de abandono: miembro superior 23–26%; miembro inferior 6–13 %
Sexo	(Resnik et al., 2020): Encuesta transversal	21 mujeres (63.5 ± 14.1 años), 755 hombres (54.5 ± 9.6 años)	Estados Unidos	Miembro inferior	76.5 % mujeres y 52.3 % hombres abandonaron la prótesis
Edad	(Biddiss and Chau, 2008): Cuestionario transversal	191 personas ($64 \text{ niñas } 11 \pm 5$ años, 127 adultos 42 ± 15 años)	Cánada	Miembro Superior	Tasas de rechazo más altas entre 10–35 años (10–35 %); menores de 4 años y mayores de 36 años
Ausencia de miembro (Amputación vs Condición congénita)	(Korkmaz et al., 2012): Estudio longitudinal (6 meses)	40 niños (20 congénita, 20 adquirida)	Turquía	Miembro Superior	Uso en congénita: 8 h/día; Uso en adquirida: 4–8 h/día
Ausencia bilateral o unilateral	(Biddiss and Chau, 2007): Revisión sistemática por encuesta	242 personas con amputación congénita o adquirida	Cánada	Miembro Superior	Uso: bilateral 75 %, unilateral 28 %

Dispositivo pasivo, mioeléctrico y accionado por el cuerpo	(Biddiss and Chau, 2007): Revisión sistemática	242 individuos (N mujeres = 118, N hombres = 124, edad media = 30)	Cánada	Miembro Superior	Tasas de rechazo: 39 % para manos mioeléctricas, 53 % para manos pasivas y 50 % para ganchos de accionamiento corporal
Edad, Sexo, Miembro superior e inferior	(Piscitelli et al., 2021): Revisión narrativa	Nueve estudios revisados con poblaciones diversas: niños, adultos, hombres y mujeres	Internacional	Miembro superior e inferior	Mujeres rechazaron más por estética; menor abandono en niños que usaron prótesis antes de los 2 años; amputación alta influyó en miembro superior.

Por otra parte, la Tabla 3 presenta las principales causas de abandono de prótesis identificadas en un estudio cualitativo realizado en España referencia. A diferencia de los estudios cuantitativos resumidos en otras secciones, aquí se resaltan de manera más profunda las barreras subjetivas y contextuales que enfrentan las personas usuarias. El dolor ya sea residual, fantasma o directamente provocado por el dispositivo, aparece como un factor determinante. Otro aspecto relevante es la funcionalidad limitada, que restringe la realización de actividades cotidianas, lo cual reduce la percepción de utilidad práctica del dispositivo. Asimismo, los factores psicológicos y sociales (como problemas de autoestima, percepción negativa de la imagen corporal o la ausencia de apoyo social y familiar) influyen de forma significativa en la decisión de abandonar la prótesis, mostrando que la dimensión emocional es tan importante como la física. Este estudio también señala la importancia del proceso de rehabilitación, donde la falta de personal capacitado o programas adecuados constituye una barrera directa para la adaptación y el uso prolongado. De igual forma, el apoyo insuficiente del sistema de salud, especialmente en el ámbito de la atención primaria, contribuye a que las personas se sientan desatendidas y sin acompañamiento en su proceso de rehabilitación.

Tabla 3. Principales causas de abandono de prótesis bajo un estudio cualitativo de tipo fenomenológico en España durante el 2019 (Valencia García, 2022).

Categoría	Descripción
Dolor y efectos físicos	La presencia de dolor residual o dolor fantasma asociado al miembro amputado, así como el dolor provocado directamente por el uso de la prótesis y la necesidad de medicación continua.
Funcionalidad	Restricción de actividades cotidianas a causa de la prótesis.
Aspectos psicológicos y sociales	Problemas de autoestima, imagen corporal, falta de apoyo familiar o social
Proceso de rehabilitación deficiente	Deficiencias en el tratamiento específico para la adaptación a la prótesis, como la falta de personal capacitado, programas de rehabilitación inadecuados o interrupciones en el proceso.
Apoyo insuficiente del sistema	Falta de seguimiento, orientación y acompañamiento por parte del sistema de salud, especialmente en niveles como la Atención Primaria.

La Tabla 4 compila estudios que abordan los efectos psicológicos asociados a la amputación y al uso de prótesis, mostrando que las consecuencias emocionales y psiquiátricas son altamente prevalentes en esta población. En el estudio realizado en Estados Unidos, más de dos tercios de los pacientes con amputación traumática presentaron al menos un trastorno psiquiátrico, con predominio de depresión mayor, trastorno de estrés postraumático (PTSD) y ansiedad, lo que resalta la necesidad de un abordaje integral que no se limite al aspecto físico de la rehabilitación.

Por su parte, el estudio desarrollado en Pakistán muestra una alta prevalencia de depresión (47%) y ansiedad (36%) en personas con amputación de miembro inferior. Un hallazgo relevante es la correlación negativa entre el uso de prótesis y la gravedad de los síntomas psicológicos, lo que sugiere que el uso regular del dispositivo puede tener un efecto protector frente al deterioro de la salud mental. Además, se observa un mayor impacto en mujeres y personas desempleadas, lo que refuerza la influencia de los factores sociales y de género en la adaptación emocional al proceso de amputación.

Tabla 4. Resumen de estudios sobre efectos psicológicos asociados a la amputación y uso de prótesis.

Diseño del estudio	Población	País	Tipo de Prótesis	Efectos psicológicos
(Shue et al., 2021): Estudio transversal	46 pacientes con amputación traumática de extremidad superior	Estados Unidos	Miembro superior	67.4% presentó al menos un trastorno psiquiátrico: depresión mayor (n=14), PTSD (n=11), trastorno por adaptación (n=11), ansiedad (n=6), pánico (n=2)

(Khan et al., 2023): Estudio transversal con cuestionarios estandarizados (PHQ-9 y GAD-7)	186 personas con amputación (66.1% hombres, edad media = 41.7 años)	Pakistán	Miembro inferior	Alta prevalencia de depresión (47%) y ansiedad (36%); correlación negativa entre uso de prótesis y gravedad de síntomas, mayor impacto en mujeres y desempleados.
---	---	----------	------------------	---

3.2 Propuestas para la mitigación en la tasa de abandono de prótesis

Ante las elevadas tasas de abandono de prótesis reportadas, se han desarrollado diversas propuestas con el objetivo de disminuir su rechazo por parte de los usuarios. Una de ellas es la implementación de una retroalimentación sensorial, la cual se refiere a la provisión de sensaciones físicas al usuario que le permiten percibir información sobre el estado y funcionamiento de su prótesis, como la fuerza de agarre o la posición del miembro artificial (Jabban et al., 2022).

Este tipo de retroalimentación busca imitar las sensaciones naturales perdidas tras la amputación, y ha demostrado ser beneficiosa al mejorar el control de la prótesis, reducir el dolor del miembro fantasma y favorecer una mayor integración de la prótesis al cuerpo. Para lograrlo, se emplean distintos estímulos como vibraciones, cambios de temperatura o impulsos eléctricos, que transmiten información de manera intuitiva al usuario, permitiéndole interactuar con el entorno de forma más precisa y eficiente.

Así mismo, otra implementación ha sido la de la rehabilitación con videojuegos para prótesis mioeléctricas (EMG) es una estrategia terapéutica que utiliza entornos interactivos y lúdicos para entrenar a las personas amputadas en el control de su prótesis. Mediante sensores electromiográficos que registran la actividad muscular del muñón, los usuarios pueden interactuar con videojuegos diseñados para responder a sus señales musculares. Esta modalidad ha demostrado ser eficaz para mejorar la motivación, la participación activa y la adherencia al tratamiento, al convertir la rehabilitación en una experiencia más atractiva y personalizada (Hashim et al., 2021).

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos bajo la implementación de propuestas para la mitigación en el abandono de prótesis.

Tabla 5. Resumen de estudios sobre retroalimentación sensorial y rehabilitación en personas con prótesis.

Propuesta	Diseño del estudio	Población	Resultados	País
Retroalimentación sensorial	Encuesta en línea (análisis cuantitativo y descriptivo), entrevistas virtuales (análisis temático reflexivo) y triangulación de datos.	(Jabban et al., 2022): 37 adultos con diferencias en extremidades superiores en encuesta y 15 en entrevistas (usuarios y no usuarios de prótesis).	La retroalimentación sensorial es altamente valorada si aporta más beneficios que inconvenientes. Se destaca el aumento de confianza como beneficio principal, con preferencia por múltiples puntos sensoriales, no solo en las yemas.	Reino Unido
Rehabilitación con videojuegos (intervención EMG)	Estudio experimental con entrenamiento de 10 sesiones (1 h/semana por 4 semanas), usando videojuegos controlados por EMG; evaluaciones pre, post y seguimiento.	(Hashim et al., 2021): 5 personas con amputación transradial y 5 personas sanas como grupo control.	Aumento en fuerza muscular, coordinación y desempeño motor ($r = 0.95, p$)	Malasia
Rehabilitación con videojuegos (revisión crítica)	Revisión narrativa sobre serious games para rehabilitación mioeléctrica; compara juegos motivacionales vs. simuladores funcionales.	(Garske et al., 2021): Revisión de estudios previos (sin muestra directa).	Los simuladores funcionales son más efectivos para transferir habilidades a la prótesis. Se recomienda priorizar tareas clínicas funcionales e incluir a terapeutas en el diseño.	Alemania
Retroalimentación somatosensorial	Estudio experimental (pre y post) de dos semanas con prótesis SAF para amputados transtibiales.	(Dietrich et al., 2018): 14 personas con amputación transtibial unilateral traumática (edad promedio 56.3 ± 11.6 años), todas con dolor fantasma.	72% reportó menor intensidad de dolor fantasma y 40% menor frecuencia. Mejoró la estabilidad, el control postural y el manejo de terrenos irregulares. Se incrementó la precisión al manipular objetos y la percepción de control. 9 de 14 preferirían seguir usando el sistema.	Alemania

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos recopilados en las tablas muestran que el abandono de prótesis responde a una combinación de factores físicos, funcionales, psicológicos y sociales. Entre los principales destacan el dolor residual o fantasma, la incomodidad en el uso prolongado, el peso y la falta de retroalimentación sensorial, así como la insatisfacción estética. También influyen variables demográficas, donde las mujeres y los jóvenes presentan mayores tasas de rechazo, mientras que la adherencia mejora en usuarios bilaterales o en quienes inician la rehabilitación a edades tempranas. A esto se suma la carencia de apoyo psicosocial y de programas de rehabilitación adecuados, lo que limita la adaptación y uso prolongado de las prótesis.

Las investigaciones revisadas presentan limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, muchos estudios se basan en muestras pequeñas o en contextos geográficos específicos, lo que restringe la generalización de los hallazgos. Además, predominan los diseños transversales y cualitativos, que permiten identificar percepciones y barreras, pero no establecen relaciones causales sólidas ni seguimiento a largo plazo. Otro aspecto es la escasa inclusión de poblaciones diversas en términos de nivel socioeconómico, acceso a servicios de salud y tipo de amputación, lo que deja vacíos importantes en la comprensión global del fenómeno.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en integrar metodologías mixtas y cohortes más amplias para analizar de forma integral los factores que influyen en el rechazo o la aceptación de las prótesis. Resulta especialmente relevante explorar el impacto de nuevas tecnologías, como la retroalimentación sensorial y los sistemas de control avanzados, en la reducción de abandono y en la mejora de la calidad de vida de los usuarios. Asimismo, es necesario evaluar de manera más sistemática el papel de la rehabilitación temprana, el apoyo psicosocial y las políticas públicas, con el fin de generar estrategias de intervención que promuevan un uso más equitativo, funcional y sostenible de las prótesis.

REFERENCIAS

Akarsu, S., Tekin, L., Safaz, I., Goktepe, A. S., y Yazicioglu, K. (2013). "Quality of life and functionality after lower limb amputations: comparison between uni- vs. bilateral amputee patients", *Prosthetics and Orthotics International*, 37. doi: <https://doi.org/10.1177/0309364612452077>

Biddiss, E., Beaton, D., y Chau, T. (2007). Consumer design priorities for upper limb prosthetics. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2(6), 346–357.

Biddiss, E., y Chau, T. (2007). "Upper-limb prosthesis use and abandonment: a survey of

the last 25 years", Prosthetics and Orthotics International, 31(3), 236-257. doi: <https://doi.org/10.1080/03093640600994581>

Biddiss, E., y Chau, T. (2008). "Multivariate prediction of upper limb prosthesis acceptance or rejection", Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 3(4), 181-192. doi: <https://doi.org/10.1080/17483100802001519>

Brack, R., y Amalu, E. H. (2021). "A review of technology, materials and R&D challenges of upper limb prosthesis for improved user suitability", Journal of Orthopaedics, 23. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2021.01.015>

Dietrich, C., Nehrdich, S., Seifert, S., Blume, K. R., Miltner, W. H. R., Hofmann, G. O., y Weiss, T. (2018). "Leg Prosthesis With Somatosensory Feedback Reduces Phantom Limb Pain and Increases Functionality", Frontiers in Neurology, 9, 270. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5932153/>

Egermann, M., Kasten, P., y Thomsen, M. (2009). "Myoelectric hand prostheses in very young children", International Orthopaedics, 33. <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0643-0>

Einfeldt, A.-K., Rebmann, F., Yao, D., Stukenborg-Colsmann, C., Hurschler, C., Windhagen, H., y Jakubowitz, E. (2023). What do users and their aiding professionals want from future devices in upper limb prosthetics? A focus group study. PLOS ONE. <https://research-ebsco-com.udlap.idm.oclc.org/c/4envev/search/details/tqlv657kxr?limiters=FT1%3AY&q=prosthesis%20or%20artificial%20limb%20or%20prosthetic%20or%20prosthetics%20or%20prosthetic%20limb%20#Au>

Garske, C. A., Dyson, M., Dupan, S., y Nazarpour, K. (2021). "Perception of Game-Based Rehabilitation in Upper Limb Prosthetic Training: Survey of Users and Researchers", JMIR Serious Games, 9. <https://doi.org/10.2196/23710>

Guzmán, E., y Méndez, G. (2018). Electromiografía en las ciencias de la rehabilitación. Salud, 34(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522018000300753

Hashim, N. A., Abd Razak, N. A., Gholizadeh, H., y Abu Osman, N. A. (2021). "Video Game-Based Rehabilitation Approach for Individuals Who Have Undergone Upper Limb Amputation: Case-Control Study", JMIR Serious Games, 9. <https://doi.org/10.2196/17017>

Hussain, S., Shams, S., y Jawaid Khan, S. (2019). "Impact of Medical Advancement: Prostheses". Computer Architecture in Industrial, Biomechanical and Biomedical Engineering.

Jabban, L., Metcalfe, B. W., Raines, J., Zhang, D., y Ainsworth, B. (2022). "Experience of adults with upper-limb difference and their views on sensory feedback for prostheses: A mixed methods

study", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 19. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01054-y>

Kejlaa, G. H. (1993). Consumer concerns and the functional value of prostheses to upper limb amputees. Prosthetics and Orthotics International.

Khan, A. B., Shoaib, R. M., Khattak, U. K., Ali, A., Qadeer, A. A., Kant, S. B., y Abbasi, M. M. J. (2023). "Association of level of amputation and use of prosthesis with depression: A multi-centered study", Pakistan Journal of Public Health. <https://research-ebsco.com.udlap.idm.oclc.org/c/4envev/viewer/pdf/6xm32vo3gf>

Korkmaz, M., Erbahçeci, F., Ulger, O., y Topuz, S. (2012). "Evaluation of functionality in acquired and congenital upper extremity child amputees", Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, 46. <https://doi.org/10.3944/aott.2012.2631>

Ku, I., Lee, G., Park, C., Lee, J., y Jeong, E. (2019). Clinical outcomes of a low-cost single-channel myoelectric-interface three-dimensional hand prosthesis. Archives of Plastic Surgery, 46.

McDonald, C. L., Westcott-McCoy, S., Weaver, M. R., Haagsma, J., y Kartin, D. (2021). "Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation", Prosthetics and Orthotics International, 45. https://journals.lww.com/pojournal/abstract/2021/04000/global_prevalence_of_traumatic_non_fatal_limb.4.aspx

McFarland, L. V., Winkler, S. L. H., Heinemann, A. W., y otros (2010). Unilateral upper-limb loss: satisfaction and prosthetic device use in veterans and servicemembers from Vietnam and OIF/OEF conflicts. Journal of Rehabilitation Research and Development.

Olaya-Mira, N., Gómez-Hernández, L. M., Viloria-Barragán, C., y Soto-Cardona, I. C. (2025). Methods to assess lower limb prosthetic adaptation: A systematic review. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. <https://research-ebsco.com.udlap.idm.oclc.org/c/4envev/viewer/html/saagttt6vn>

Paul, M. M. (2015). Sensory feedback system for prosthetic arms. University of Salford. https://www.researchgate.net/publication/289148931_Sensory_feedback_system_for_prosthetic_arms

Piscitelli, D., Beghi, M., Bigoni, M., Diotti, S., Perin, C., Peroni, F., Turati, M., Zanchi, N., Mazzucchelli, M., y Cornaggia, C. M. (2021). "Prosthesis rejection in individuals with limb amputation: a narrative review with respect to rehabilitation", Rivista di Psichiatria. <https://doi.org/10.1708/3654.36344>

Resnik, L., Ekerholm, S., Borgia, M., y otros (2019). A national study of Veterans with major upper limb amputation: survey methods, participants, and summary findings. PLoS ONE.

Resnik, L. J., Borgia, M. L., y Clark, M. A. (2020). "A national survey of prosthesis use in veterans with major upper limb amputation: comparisons by gender", PM&R, 12. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12222>

Shue, S., Wu-Fienberg, Y., y Chepla, K. J. (2021). "Psychiatric Disease after Isolated Traumatic Upper Extremity Amputation", Journal of Hand and Microsurgery. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701156>

Silcox, D. H., Rooks, M. D., Vogel, R. R., y otros (1993). Myoelectric prostheses. A long-term follow-up and a study of the use of alternate prostheses. Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.

Smail, L., Neal, C., Wilkins, C., y Packham, T. (2020). Comfort and function remain key factors in upper limb prosthetic abandonment: Findings of a scoping review. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology.

Uellendahl, J. (2017). Myoelectric versus body-powered upper-limb prostheses. Journal of Prosthetics and Orthotics, 29.

Valencia García, H. (2022). "Experiencia de adaptación de las personas amputadas: La relación entre la prótesis y el bienestar psicológico", NURE Investigación: Revista Científica de Enfermería, 118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=847844>

Vidal, G. W., Rynes, M. L., Kelliher, Z., y Goodwin, S. J. (2016). Review of Brain-Machine Interfaces Used in Neural Prosthetics with New Perspective on Somatosensory Feedback through Method of Signal Breakdown. Scientifica (Cairo). <https://doi.org/10.1155/2016/8956432>

Webster, J. (2020). Medical instrumentation: Application and design. Wiley. ISBN 9781119457312

Yahud, S., y Abu Osman, N. A. (2006). Prosthetic Hand for the Brain-computer Interface System. 3rd Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2006, 15. Springer Nature.